

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ. CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.
Томъ XIX. № 9. **Volume XIX. № 9.**

SPECTROSCOPISCHE UNTERSUCHUNGEN.

ZWEITE MITTHEILUNG.

DAS EMISSIONSSPECTRUM DES BROMDAMPFES
UNTER VERSCHIEDENEN BEDINGUNGEN.

VON

Fürst B. Galitzin und J. Wilip.

(Vorgelegt am 17. Mai 1906.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1906. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской Академіи Наукъ:	Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des Sciences:
И. И. Глазунова и К. Л. Риккера въ С.-Петербургѣ,	J. Glasounof et C. Ricker à St.-Pétersbourg,
Н. П. Карбасникова въ С.-Петербур., Москвѣ, Варшавѣ и Вильнѣ,	N. Karbasnikof à St.-Pétersbourg, Moscou, Varsovie et Vilna,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,	N. Oglobline à St.-Pétersbourg et Kief,
М. В. Ключкина въ Москвѣ,	M. Klukine à Moscou,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,	E. Raspopof à Odessa,
Н. Киммеля въ Ригѣ,	N. Kummel à Riga,
Фоссъ (Г. В. Зоргенфрей) въ Лейпцигѣ,	Voss' Sortiment (G. W. Sorgenfrey) à Leipsic,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.	Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 55 коп. — Prix: 1 Mk. 20 Pf.

EINLEITUNG.

In der ersten Mittheilung über unsere spectroscopischen Untersuchungen haben wir das Absorptionsspectrum des Bromdampfes ausführlich beschrieben und den Einfluss von Temperatur, Druck und Dichte auf das Aussehen desselben einem näheren Studium unterzogen.

Diese zweite Mittheilung ist nun dem Emissionsspectrum des Bromdampfes gewidmet. Dabei haben wir den Einfluss der verschiedenartigsten Factoren, wie parallel geschaltete Condensatoren, Druck, Stromstärke, Unterbrechungszahl, Form der leuchtenden Röhre u. s. w. auf das Aussehen des Spectrums studiert.

Alle unsere photographischen Aufnahmen wurden im zweiten Diffractionsspectrum eines grossen Rowland'schen Reflexionsgitters erhalten. Die Einzelheiten der Aufstellung und der angewandten Beobachtungsmethoden sind in unserer ersten Mittheilung ausführlich beschrieben; wir brauchen also auf diese Frage hier nicht weiter einzugehen und begnügen uns nur damit, auf jene unsere Abhandlung zu verweisen.¹⁾

Diese unsere zweite Mittheilung enthält nun folgende Abschnitte:

- 1) Beschreibung des Emissionsspectrums des Bromdampfes im Intervalle von $\lambda = 3714,41$ bis $\lambda = 5590,13$ Å. E.
- 2) Einfluss von parallel zur Funkenstrecke geschalteten Condensatoren verschiedener Capacität auf die Lage und Breite der Emissionslinien.
- 3) Direkte Messungen der Temperatur der leuchtenden Funkenstrecke in einem Geissler'schen Rohre mittelst eines eingeschmolzenen Thermoelements und zwar bei verschiedenen parallel geschalteten Condensatoren, bei verschiedenen Stromstärken des primären Stromes im Inductorium, verschiedenen Unterbrechungszahlen und verschiedenen Drucken des leuchtenden Bromdampfes.

1) Spectroscopische Untersuchungen. Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St. Pétersbourg. VIII^{me} série. T. XVII № 6 (1906).

Gedruckt auf Verfügung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

September 1906.

S. v. Oldenburg, Beständiger Sekretär.

Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
Wass. Ostr., 9. Linie, № 12.

- 4) Einfluss des Druckes auf die Breite der Emissionslinien des Bromdampfes.
- 5) Form der Funkenstrecke in einem 1,5 cm. breiten und kurzen Rohr bei verschiedenen parallel geschalteten Condensatoren.
- 6) Aussehen des Emissionsspectrums bei Röhren verschiedener Durchmesser.
- 7) Dasselbe bei Röhren von kegelartiger Form.
- 8) Einfluss der Stromstärke des primären Stromes und der Unterbrechungszahl auf die Breite der Linien.
- 9) Emissionsspectrum des Bromdampfes bei beträchtlichen Drucken desselben.
- 10) Einfluss der Electrodenabstand in cylindrischen Röhren auf das Aussehen des Bromspectrum.

§ 1.

Das Emissionsspectrum des Bromdampfes.

Die gewöhnlichen, aus dem Auslande bezogenen Geissleröhren mit Bromdampf ergaben meistens sehr schön die Stickstoffbanden, wie dieselben sich als vollständig mit dem Stickstoffspectrum identisch erwiesen, als man nebenbei von einem Stickstoffrohr das Spectrum photographierte. Zwar liess sich durch Parallelschalten eines Condensators auch ein Linienspectrum hervorrufen, wobei die einzelnen Linien sehr verbreitert waren, doch war dieses Linienspectrum von dem bekannten des Bromdampfes total verschieden. Bisweilen erschienen auf der photographischen Platte beim condensierten Funken neben dem verbreiterten Linienspectrum scharf die Stickstoffbanden.

Man füllte daher selbst ein Geisslerrohr mit Bromdampf unter $5 \frac{m}{m}$ Druck und photographierte alsdann das entsprechende Spectrum im Gebiete, wo das Absorptionsspectrum des Bromdampfes am schönsten zu beobachten ist; doch wurde bald unter dem Einflusse der Entladung die eine Aluminiumelectrode fast gänzlich aufgezehrt. Das Rohr leuchtete bei solchen Versuchen auch ohne Condensator sehr hell. Die Aufnahmen zeigten einzelne starke Linien und ein schwächeres Bandenspectrum, in welchem die Doublets sehr vertreten waren. Die starken Linien entsprachen aber nicht den bekannten Emissionslinien des Bromdampfes; das schwache Bandenspectrum mag vielleicht mit dem Absorptionsspectrum des Bromdampfes identisch gewesen sein, doch konnte man aus den Aufnahmen mit solchen Röhren keine zuverlässigen Schlüsse ziehen und unterzog sie daher keiner Ausmessung.

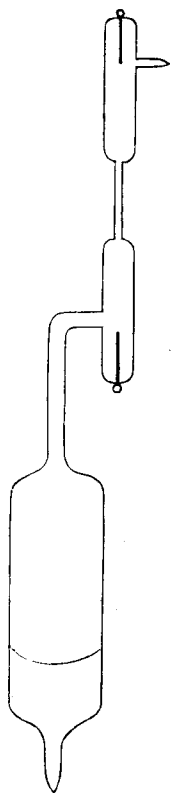
Aus diesem Grunde sahen wir uns genöthigt, eine besondere Art von Röhren mit Electroden aus reinem Platin zu construieren, in denen der Dampfdruck beliebig variiert werden konnte, und wo die Dampfmengen, die bei der Entladung vielleicht von den Glaswänden und Electroden absorbiert wurden, wieder durch neue ersetzt werden konnten.

Die Fig. 1 giebt die Abbildung eines solchen Rohres.

Das untere, breite Reservoir enthielt beträchtliche Brommengen und, indem man es mittelst eines Thermostats auf einer constanten, niedrigen Temperatur hielt, war der Druck im oberen, aus dem Thermostaten herausragenden Theil fixiert, insofern es auf niedrige Drucke ankam. Bei höheren Drucken musste schon das ganze Rohr in einem gut isolierenden Bade bei einer bestimmten, vorgeschriebenen hohen Temperatur gehalten werden.

Es wurden nun mit einem solchen Geisslerrohr von ca. 15 cm. Electrodenanz und 4 cm. Länge des schmalen, leuchtenden Theils von 0,62 mm Durchmesser bei geringem Drucke Aufnahmen gemacht und zwar in drei verschiedenen Gebieten des Bromspectrum und ohne einen parallel geschalteten Condensator. Die Linien ergaben sich bei diesen Aufnahmen durchweg als sehr scharf.

Fig. 1.



Zur Feststellung der Wellenlängen der Emissionslinien des Bromdampfes wurde das Eisenspectrum nebenbei auf beiden Seiten photographiert. Die Verwerthung der Platten geschah auf dieselbe Weise, wie dies in unserer ersten Mittheilung beschrieben ist.

Das untere Reservoir zum Constanthalten des Druckes befand sich während dieser Aufnahmen in einer Kältemischung von -20°C. , so dass der Dampfdruck des Broms im eigentlichen Geisslerrohr nur 15 mm betrug.¹⁾

Die Expositionszeit beim Photographieren der Eisenlinien betrug im Allgemeinen nur den Bruchtheil einer Secunde, da in diesem Falle als Lichtquelle eine Bogenlampe diente, in deren Lichtbogen entweder ein Eisendraht eingeführt wurde, oder zu welcher als Electroden durchbohrte, mit Eisen gefüllte Kohlen verwendet wurden.

Es wurden nun drei verschiedene Platten (N^o 202, 203 und 204) verworthen. Bei den ersten zwei Platten betrug die Expositionszeit beim Photographieren des Bromspectrum je 1 Stunde. Bei der Platte N^o 204, welche grösseren Wellenlängen entsprach, war die Expositionszeit schon gleich 2 Stunden.

Die Platten N^o 202 und 203 sind sehr gut ausexponiert und lassen sich besonders gut verworthen. Die Platte N^o 204 ist viel zu durchsichtig herausgekommen, und folglich sind bei ihr nur die deutlichsten Linien verworthen worden.

Die primäre Stromstärke in unserem grossen Inductorium betrug bei diesen Versuchen 2—4 Ampère.

Die Resultate der Ausmessung dieser drei Platten sind nun in der folgenden Tabelle I zusammengestellt.

Die erste Colonne enthält unter λ_0 die Wellenlängen der benutzten Eisennormalen nach Kayser²⁾, soweit seine Tabelle reicht, und theils nach Rowland³⁾; die zweite unter λ die Wellenlängen der Emissionslinien des Bromdampfes.

1) Siehe unseren ersten Aufsatz «Spectroscopische Untersuchungen». § 5. Tabelle VI, p. 22.

2) Siehe Kayser, Handbuch der Spectroscopie, Bd. I, p. 726 (1900).

3) Astrophysical Journal Bd. 1 u. 2 (1895).

In der dritten Colonne befinden sich etwaige Bemerkungen über den Charakter und die Eigenthümlichkeiten einiger Bromlinien und in der letzten, vierten Colonne unter λ' sind zum Vergleich die Wellenlängen derselben Bromlinien angegeben, wie dieselben von Eder und Valenta¹⁾ bestimmt wurden.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten angegeben; sie entsprechen der Mitte der betreffenden Spectrallinie.

Tabelle I.²⁾

λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'	λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'
3709,40	3714,41	Alle drei Linien sind sehr schwach.	3714,45		3901,39	Schwache Linie.	3901,42
	3725,46		3725,54		3909,48	Sehr schwach.	—
	3735,91		3735,91		3914,40	Sehr stark.	3914,42
	3740,65		3740,66		3917,11	Höchst schwach.	—
	3753,78	Etwas stärker.	3753,87		3917,96	Schwach.	3917,96
		Sehr schwach.			3919,68	Mittlere Stärke.	3919,77
3767,34	3772,69	Schwach.	3772,73	3920,40	3920,81	Mittlere Stärke.	3920,84
	3794,14	Stärker.	3794,15		3923,50	Mittlere Stärke.	3923,51
	3811,54	Schwach.	3811,55		3924,25	Sehr starke Linie.	3924,24
	3815,79	Stärker und scharf.	3815,77		3929,71	Mittlere Stärke.	3929,73
	3828,65	Schwach und scharf.	3828,64		3934,28	Sehr schwach.	—
	3829,88	Sehr schwach.	3829,92		3935,32	Mittlere Stärke.	3935,31
	3834,85	Stärkere Linie.	3834,86		3937,81	Höchst schwach.	—
3840,59	3840,73	Aehnlich, wie die vorige, nur die Linie ist überhaupt schwach.	3840,78		3938,80	Ziemlich schwach.	3938,80
					3939,83	Mittlere Stärke.	3939,86
3841,19	3857,37	Stärkere Linie.	3857,36		3944,73	Höchst schwach.	—
	3871,39	Stärkere Linie.	3871,38		3946,80	Schwachtes Paar.	—
					3947,11		—
3887,19	3891,78	Stärkere Linie.	3891,79		3950,74	Starke Linien.	3950,75
	3897,88	Sehr schwach.	—		3955,49		3955,50

1) Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien. Math.-naturw. Classe. Bd. 68, p. 523 (1900).

2) Der Platte N^o 202 gehören die Wellenlängen des Bromdampfes von $\lambda = 3714,41$ bis $\lambda = 4307,96$
 » » N^o 203 » » » » » » $\lambda = 4351,38$ » $\lambda = 4979,83$
 » » N^o 204 » » » » » » $\lambda = 5054,86$ » $\lambda = 5590,13$.

λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'	λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'
3956,61					4098,07	Sehr schwach.	—
3956,82					4102,72	Schwach.	4102,62
	3968,81	Mittlere Stärke.	3968,80		4105,06	} Höchst schwach.	—
	3970,75	Schwach.	—		4105,66		4105,56
	3980,18	Mittlere Stärke.	3980,15		4106,60	Sehr schwach.	4106,52
	3980,57	Sehr stark.	3980,59		4110,20	Schwach.	4110,12
3984,11					4117,69	Etwas stärker.	4117,58
	3986,70	Starke Linie.	3986,67	4118,71	4118,81	Schwach.	—
	3991,52	Schwach.	3991,49		4135,82	Stark.	4135,79
	3992,51	Mittlere Stärke.	3992,51		4138,71	Höchst schwach.	4138,78
	3994,01	Höchst schwach.	—		4140,38	Stark.	4140,37
	3997,22	Schwach.	3997,27	4144,03	4144,11	Mittlere Stärke.	4144,12
	3999,21	Schwach.	—		4151,53	Schwach.	4151,52
	3999,74	Schwach.	3999,77		4157,30	} Schwache Linien.	4157,23
	4001,58	Schwach.	4001,60		4157,54		4157,54
	4005,78	Schwach.	4005,69		4160,14	Schwach.	4160,14
	4007,44	Stärkere Linie.	4007,45		4175,92	Stark.	4175,92
	4008,92	Mittlere Stärke.	4008,93		4179,80	Sehr stark.	4179,76
	4012,74	Schwach.	4012,70	4181,92	4193,34	Sehr schwach.	4193,34
	4018,45	} Schwache Linien.	—		4193,60	Stark.	4193,62
	4021,92		4021,95		4201,46	Höchst schwach.	—
4022,03					4202,63	Mittlere Stärke.	4202,64
	4024,19	Mittlere Stärke.	4024,19		4206,23	} Höchst schwach.	—
	4036,61	} Schwache Linien.	4036,54		4208,70		—
	4037,51		4037,49	4210,52	4210,76	Höchst schwach.	—
	4046,74	Schwach.	—		4222,48	Sehr schwach.	—
	4063,77	Etwas stärker.	—		4224,03	Sehr stark.	4224,00
4071,90					4230,16	Mittlere Stärke.	4230,10
	4072,30	Höchst schwach.	—		4237,03	Ziemlich stark.	4237,00
	4075,70	Schwach.	4075,66				
	4089,36	Höchst schwach.	4089,29				
	4090,76	Sehr schwach.	4090,74				
	4096,22	Höchst schwach.	4096,27				

λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'	λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'
4250,30				4556,31			
4250,95					4558,27	Höchst schwach.	4558,21
	4260,74	Sehr schwach.	—		4575,94	Stark.	4575,95
	4261,44	Höchst schwach.	—	4592,84			
4282,57					4597,09	Höchst schwach.	4597,14
	4291,54	Stark.	4291,54		4601,55	Sehr schwach.	4601,63
	4297,24	Schwach.	4297,27		4605,86	Höchst schwach.	4605,90
	4307,96	Höchst schwach.	—		4614,76	Stark.	4614,86
4315,26					4622,94	Stark.	4622,99
4337,22				4625,23			
	4351,38	Sehr schwach.	—		4629,66	Sehr schwach.	4629,66
	4358,45	Höchst schwach.	—		4641,36	Höchst schwach.	—
4358,69					4642,22	Sehr schwach.	4642,35
	4365,29	Schwach.	4365,31		4643,71	Mittlere Stärke.	4643,74
	4365,74	Sehr stark.	4365,76		4652,19	Schwach.	4652,18
4376,10				4667,63			
	4391,76	Schwach.	4391,76	4668,33			
	4395,08	} Sehr schwache Linien.	4395,10		4672,78	Schwach.	4672,75
	4396,48		4396,55		4678,87	Sehr stark.	4678,89
	4399,83		4399,87		4691,35	Höchst schwach.	4691,42
	4407,82	Höchst schwach.	4407,80		4692,51	Sehr schwach.	4692,51
4415,30					4693,47	Mittlere Stärke.	4693,48
	4423,15	Höchst schwach.	4423,22		4696,63	Höchst schwach.	4696,59
	4425,28	Mittlere Stärke.	4425,32		4705,03	Höchst stark. Total über- exponiert.	4705,00
	4441,89	Sehr stark.	4441,94	4707,46			
4454,57					4711,26	Höchst schwach.	4711,32
	4472,79	Ähnlich der vorigen Linie.	4472,83		4717,59	Sehr schwach.	4717,57
	4477,93	Noch stärker, als die 2 vori- gen. Derselbe Charakter.	4477,96		4719,93	Sehr stark.	4719,95
	4490,62	Mittlere Stärke.	4490,68		4728,39	} Schwach und durchschei- nend.	4728,49
4494,76					4735,62		4735,67
	4513,62	Stark.	4513,67	4736,96			
4525,31					4742,90	Ziemlich stark.	4742,87
	4525,75	Sehr stark.	4525,82		4744,57	Höchst schwach.	4744,53
	4529,95	Mittlere Stärke.	4530,00		4752,48	Ziemlich stark.	4752,47
	4538,90	Schwach.	4538,95				
	4543,08	Mittlere Stärke.	4543,12				

λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'	λ_0	λ	Bemerkungen.	λ'
	4766,23	Mittlere Stärke.	4766,27	5006,31			
	4767,29	Stark.	4767,28	5050,01			
	4772,96	Höchst schwach.	4772,91	5054,86	Schwach.	5054,85	
	4774,02	Sehr schwach.	4774,01	5098,89			
	4775,39	Schwach.	4775,41	5139,64			
	4776,62	Mittlere Stärke.	4776,61	5164,53		5164,56	
	4777,24	Höchst schwach.	4777,20	5182,58	Starke Linie.	5182,57	
	4780,50	Stark.	4780,52	5184,11	Schwach.	5184,07	
	4785,69	Höchst stark. Überexponiert.	4785,64	5191,63			
4789,85	4792,01		4791,99	5192,52			
	4795,28	Höchst schwach.	—	5194,06		5194,08	
	4798,38		4798,42	5227,36			
	4802,55	Schwach.	4802,54	5228,01	Höchst schwach.	5227,91	
	4804,15		—	5238,48	Starke Linie.	5238,47	
	4807,80	Höchst schwach.	—	5266,74			
	4816,91	Sehr stark.	4816,90	5273,01	Höchst schwach.	5272,89	
	4818,56	Höchst schwach.	—	5302,48			
	4834,61	Sehr schwach.	4834,70	5304,33	Schwach.	5304,31	
	4838,77	Höchst schwach.	4838,82	5332,27		5332,18	
	4845,12	Sehr schwach.	4845,20	5341,21			
	4848,96	Mittlere Stärke.	4848,99	5345,68	Schwach.	5345,53	
4859,93	4860,19	Höchst schwach.	—	5395,79		5395,69	
	4866,77		4866,85	5423,07	Schwach.	5423,01	
	4867,90	Sehr schwach.	4867,94	5425,32	Sehr schwach.	5425,21	
4890,95			—	5434,74			
4919,17			—	5434,80			
	4921,31	Sehr schwach.	4921,39	5450,34	Höchst schwach.	5450,28	
	4928,86		4928,97	5466,48	Schwach.	5466,43	
	4930,72	Schwache Linien.	4930,82	5476,78			
	4945,75	Höchst schwach.	4945,77	5488,99		5489,00	
4957,79	4979,83	Schwach.	4979,95	5495,24		5495,24	
			5624,77	5507,00			
				5507,04	Schwach.	5506,97	
				5569,85			
				5590,13		5590,15	

Diese Tabelle zeigt, dass die Übereinstimmung zwischen den von uns und von Eder und Valenta gefundenen Wellenlängen der Emissionslinien des Bromdampfes im Allgemeinen eine recht befriedigende ist. Die Unterschiede in den Wellenlängen betragen meistens nur einige Hundertstel einer Ängström'schen Einheit.

Unsere Tabelle umfasst nicht alle Bromlinien, sondern giebt nur diejenigen, welche auf den entsprechenden drei Platten zum Ausdruck kamen, wieder.

In unserer Tabelle sind einige Linien angegeben, welche bei Eder und Valenta fehlen, und umgekehrt, in ihren Tabellen befinden sich Linien, die auf unseren Platten nicht vorhanden sind.

Es ist noch zu bemerken, dass die in der Tabelle I angeführten Linien dem Fall entsprechen, wo kein Condensator parallel zur Funkenstrecke eingeschaltet wurde. Führt man aber einen solchen Condensator ein, so treten in einigen Fällen, wie wir es im nächsten Paragraphen sehen werden, einige neue Linien auf, die sonst fehlen.

Zum Schluss ist es interessant, die von uns hier (Tabelle I) ermittelten Emissionslinien des Bromdampfes mit denjenigen in unserer ersten Abhandlung «Spectroscopische Untersuchungen» Tabelle IX¹⁾ bestimmten Absorptionslinien desselben Dampfes zu vergleichen. Leider giebt es in beiden Tabellen nur einen sehr kleinen gemeinschaftlichen Theil, da diese Tabellen verschiedenen Spectralbezirken entsprechen.

Dieser Vergleich ist also ein ganz beschränkter und lässt sich nur auf fünf Linien erstrecken.

In der folgenden Tabelle II befinden sich nun in der ersten Colonne die Wellenlängen der Emissionslinien des Bromdampfes aus der Tabelle I und in der zweiten die Wellenlängen der entsprechenden Absorptionslinien bei niedriger Temperatur aus der Tabelle IX unserer früheren, eben citierten Abhandlung.

Tabelle II.

Emissionslinien des Bromdampfes.	Absorptionslinien des Bromdampfes.
5466,48 Ä. E.	5466,42 Ä. E.
5488,99	5489,26
5495,24	5495,37
5507,04	5506,52
5590,13	5590,12

1) L. c.

Die Unterschiede zwischen den entsprechenden Zahlen beider Columnen sind im Allgemeinen unbedeutend, freilich mit Ausnahme der Zahlen der vierten Zeile, wo dieser Unterschied schon 0,52 Å. E. beträgt. Man wäre wohl geneigt, den Schluss zu ziehen, dass einzelne dieser Zahlen wirklich einer und derselben Spectrallinie entsprechen im Einklang mit dem Kirchhoff'schen Gesetz.

Es wurde auch eine Aufnahme von einem Rohr für gerade Durchsicht in dem Gebiet vorgenommen, wo das Absorptionsspectrum am schönsten beobachtet wird, und dieses letztere nebenbei photographiert. Da stellte es sich heraus, dass das erhaltene Emissionsspectrum von einem solchen Rohr weit linienreicher ist, als nach den Aufnahmen verticaler Röhren. Eine solche Platte unter dem Mikroskop betrachtet weist eine bedeutende Anzahl von Emissionslinien auf, die mit den Absorptionslinien zusammenfallen; andererseits finden sich auch viele Emissionslinien, die der stärksten Emission im Absorptionsspectrum entsprechen. Auch auf dieser Platte erkennt man ganz deutlich, dass die Linie 5507,04 ein gutes Stück von der Absorptionslinie 5506,52 entfernt liegt, andere dagegen, bei denen die Messungen fast gleiche Werthe gegeben haben (die erste und die letzte Linie der Tab. II) fast streng zusammenfallen. Andererseits hatten wir bei den früheren Untersuchungen über das Absorptionsspectrum öfters beobachtet, dass die Stärke der Emission an bestimmten Stellen des Absorptionsspectrums sehr veränderlich ist mit der Temperatur des Stoffes. Daher wäre man wohl geneigt anzunehmen, dass viele Stellen der stärksten Emission im Absorptionsspectrum wirklichen Emissionslinien des Bromes selbst entsprechen. Sichere Schlüsse über diese Frage würden sich aber erst nach weitgehender experimenteller Prüfung ziehen lassen.

§ 2.

Einfluss von parallel geschalteten Condensatoren auf die Lage und Breite der Emissionslinien des Bromdampfes.

Um den Einfluss von parallel geschalteten Condensatoren auf die Lage und Breite der Emissionslinien des Bromdampfes zu bestimmen, wurden die Spectra mit demselben Rohr photographiert, welches zur Feststellung der Wellenlängen gedient hatte, und zwar unter derselben äusseren Bedingung in Bezug auf Druck.

Die benutzten Condensatoren bestanden aus zwei kreisrunden Messingscheiben von 20 cm. Durchmesser, zwischen welche Glasscheiben von verschiedener Dicke e eingeschoben wurden. Nimmt man die Dielectricitätsconstante des Glases $k = 5,64$ an, so ergeben sich folgende Werthe für die Capacitäten C der benutzten Condensatoren für die drei verschiedenen angewandten Dicken der Glasscheiben. Die Capacitäten sind in absoluten electrostatischen Einheiten, d. h. in Centimetern angegeben.

$$\begin{array}{ll} e_1 = 13,3 \text{ mm} & C_1 = 106 \text{ cm.} \\ e_2 = 6,8 \text{ »} & C_2 = 207 \text{ »} \\ e_3 = 2,1 \text{ »} & C_3 = 671 \text{ »} \end{array}$$

Ausserdem wurde bei einer Aufnahme ein noch grösserer Condensator verwendet, der aus einer grossen Leydener Flasche von ca. 33 cm. Höhe, 26 cm. äusserem Durchmesser und 3,2 mm Glasdicke bestand. Ihre Capacität C_4 berechnet sich zu

$$C_4 = 3735 \text{ cm.}$$

Zum Vergleich mit dem Spectrum ohne Condensator wurden die entsprechenden photographischen Aufnahmen bei parallel geschalteten Condensatoren auf denselben Platten № 202, 203 und 204 erhalten.

Je grösser die Capacität ist, desto heller werden im Allgemeinen die Spectrallinien, man musste daher die Expositionszeiten so wählen, dass die Spectrallinien bei verschiedenen Aufnahmen möglichst gleich intensiv ausfielen.

Die entsprechenden Expositionszeiten waren die folgenden.

Platte № 202.

Brom.	Expositionszeit.
Condensator C_1	30 Min.
» C_2	20 »
» C_3	15 »
Ohne Condensator	60 »

Platte № 203.

Brom.	Expositionszeit.
Ohne Condensator	60 Min.
Condensator C_3	5 »
» $2C_3$	5 »

Platte № 204.

Brom.	Expositionszeit.
Ohne Condensator	120 Min.
Condensator C_3	10 »
» $2C_3$	7 »

Die Aufnahme № 202 wurde wiederholt (Platte № 205) mit denselben Capacitäten, wie bei den Platten №№ 203 und 204. Ausserdem wurde noch eine Zusatzaufnahme mit der Capacität C_4 (Leydener Flasche) gemacht.

Die Resultate der Ausmessung der Platten №№ 202, 203 und 204 in Bezug auf die Condensatoren sind nun in der folgenden Tabelle III zusammengestellt, wobei alle Zahlen in Ängström'schen Einheiten gegeben sind.

Bedeutend r_0, r_1, r_2 und r_3 , resp. v_0, v_1, v_2 und v_3 die Wellenlängen, welche den rothen, resp. violetten Rändern der Linien entsprechen, wobei der Index 0 sich auf den Fall bezieht, wo keine Capacität nebenbei eingeschaltet wurde, der Index 1 auf den Fall der kleinsten, 2 — der mittleren und 3 — der grössten parallel geschalteten Capacität, so lassen sich die Breiten b der entsprechenden Linien folgendermaassen berechnen:

$$b_0 = r_0 - v_0$$

$$b_1 = r_1 - v_1$$

$$b_2 = r_2 - v_2$$

$$b_3 = r_3 - v_3$$

Die Breite der Linien bei der kleinsten Capacität b_1 wurde nicht gemessen, dazu aber die Breite der Linien bei der grössten Capacität zweimal und zwar am oberen und unteren Ende der Linie. Die Fig. 2 giebt eine Abbildung der gegenseitigen Lage der Linien auf der photographischen Platte. Die Breite der Linien bei der grössten Capacität am oberen Ende, d. h. auf der b_0 zugewandten Seite wollen wir durch b_3 , und am unteren Ende, d. h. auf der b_2 zugewandten Seite durch b_3' bezeichnen.

Die Verbreiterungen der Linien in Bezug auf den Fall, wo kein Condensator verwendet wurde, seien Δb .

Dann wird

$$\Delta b_2 = b_2 - b_0$$

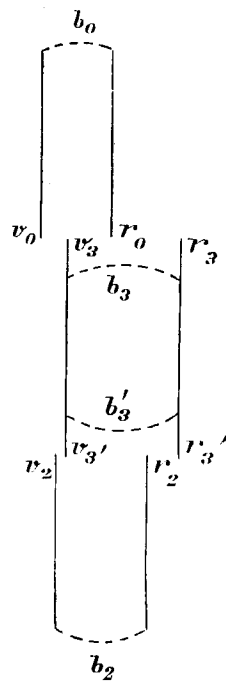
und

$$\Delta b_3 = b_3 - b_0.$$

Wollen wir noch die Verbreiterung der Linien bei der grössten Capacität in Bezug auf die Linie bei der mittleren Capacität einführen und dieselbe durch $\Delta b_3'$ bezeichnen. Es wird

$$\Delta b_3' = b_3' - b_2.$$

Fig. 2.



Gehen wir jetzt zu der Verschiebung der Ränder über, wobei wir der Verschiebung nach Roth beim Übergang von einer kleineren zu einer grösseren Capacität das Vorzeichen \rightarrow begeben wollen.

Es wurden nun die Verschiebungen δ_r und δ_v der Ränder der Linien bei der grössten Capacität in Bezug auf den Fall ohne Capacität, so wie auch die Verschiebungen δ_r' und δ_v' der Ränder in Bezug auf den Fall der mittleren Capacität bestimmt.

Es ergibt sich ohne Weiteres (siehe die Fig. 2)

$$\delta_r = r_3 - r_0$$

$$\delta_v = v_3 - v_0$$

und

$$\delta_r' = r_3' - r_2$$

$$\delta_v' = v_3' - v_2.$$

Aus der Fig. 2 lässt sich ebenfalls sofort erkennen, dass

$$\Delta b_3 = \delta_r - \delta_v$$

und

$$\Delta b_3' = \delta_r' - \delta_v'$$

wird.

Es sind nun in der folgenden Tabelle III die Werthe von b_0, b_2, b_3 und b_3' (Breite), $\Delta b_2, \Delta b_3$ und $\Delta b_3'$ (Verbreiterung) und $\delta_r, \delta_v, \delta_r'$ und δ_v' (Verschiebung der Ränder) zusammengestellt.¹⁾

Die erste Colonne enthält die Wellenlängen der entsprechenden Linien aus der Tabelle I und die letzte Colonne etwaige Bemerkungen über die Beschaffenheit der Linien.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten angegeben.

1) An einzelnen Stellen für Δb_3 und $\Delta b_3'$ finden sich Abweichungen um 0,01 Å. E., was durch die Abrundung der Zahlen auf 0,01 Å. E. zu erklären ist.

Tabelle III.

λ	b_0	b_2	b_3	b_3'	Δb_2	Δb_3	$\Delta b_3'$	δ_r	δ_v	δ_r'	δ_v'	Bemerkungen.
Platte № 202.												
3834,85	0,22	0,29	0,54	0,58	+0,07	+0,32	+0,29	+0,42	+0,10	+0,31	+0,02	Beigrosser Cap. bedeutend, bei mittlerer Cap. nur wenig stärker. Stärkere Linien. Beide Linien sind bei gross. Cap. bedeutend stärker u. zwischen ihnen befindet sich dann noch die Linie $\lambda = 3866,05$. Bei grosser Capacität bedeutend stärker.
3857,37	0,21	0,23	0,30	0,33	+0,02	+0,09	+0,10	+0,13	+0,04	+0,07	+0,04	
3871,39	0,23	0,21	0,33	0,33	+0,02	+0,10	+0,12	+0,16	+0,06	+0,10	+0,01	
3891,78	0,24	0,22	0,37	0,39	+0,02	+0,13	+0,17	+0,20	+0,07	+0,16	+0,01	
3901,39	0,21	0,27	0,49	0,48	+0,06	+0,28	+0,21	+0,39	+0,11	+0,26	+0,05	In allen Fällen schwach.
3914,40	0,27	0,31	0,61	0,62	+0,04	+0,34	+0,31	+0,37	+0,02	+0,33	+0,02	Sehr starke Linie. Bei gross. Cap. noch stärker. Vielleicht überexponiert.
3919,68	0,23	0,26	0,52	0,49	+0,03	+0,29	+0,23	+0,39	+0,10	+0,25	+0,01	
3920,81	0,21	0,24	0,49	0,47	+0,03	+0,28	+0,23	+0,36	+0,08	+0,25	+0,03	Sehr starke Linie. Bei mittlerer Cap. homogene Verbreiterung; bei grosser Cap. erstreckt sich eine schwache Verbreiterung noch weiter. Mittlere Stärke.
3923,50	0,21	0,29	0,48	0,48	+0,08	+0,27	+0,19	+0,32	+0,04	+0,18	+0,02	
3924,25	0,21	0,34	0,61	0,62	+0,13	+0,40	+0,28	+0,51	+0,11	+0,35	+0,06	
3929,71	0,20	0,24	0,36	0,34	+0,04	+0,16	+0,14	+0,24	+0,08	+0,15	+0,05	
3935,32	0,20	0,25	0,47	0,47	+0,05	+0,27	+0,22	+0,39	+0,12	+0,26	+0,04	Mittlere Stärke.
3938,80	0,20	0,23	0,47	0,45	+0,03	+0,27	+0,22	+0,43	+0,17	+0,28	+0,06	Ziemlich schwach.
3939,83	0,22	0,27	0,49	0,50	+0,05	+0,27	+0,23	+0,37	+0,09	+0,24	+0,01	Mittlere Stärke.
3950,74	0,21	0,25	0,39	0,42	+0,04	+0,18	+0,17	+0,25	+0,08	+0,17	+0,01	Starke Linie.
3955,49	0,21	0,26	0,56	0,56	+0,05	+0,35	+0,30	+0,47	+0,12	+0,30	0,00	Starke Linie.
3968,81	0,20	0,15	0,28	0,27	+0,05	+0,08	+0,12	+0,10	+0,02	+0,10	+0,02	Mittlere Stärke.
3980,18	0,21	0,35	(1,32)	(1,38)	+0,14	—	—	—	—	—	—	Mittlere Stärke. } Bei grosser Cap. eine Linie.
3980,57	0,29	0,42			+0,13	—	—	—	—	—	—	
3986,70	0,23	0,23	0,39	0,38	0,00	+0,16	+0,15	+0,09	+0,07	+0,05	+0,10	Starke Linie.
3997,22	—	0,31	0,64	0,63	—	—	+0,32	—	—	+0,32	0,00	Schwach. Bei grosser Cap. bedeutend stärker.
3999,74	—	0,26	0,54	0,55	—	—	+0,29	—	—	+0,37	+0,08	Schwach.
4007,44	0,22	0,25	0,38	0,37	+0,03	+0,16	+0,12	+0,22	+0,06	+0,13	+0,01	Stärkere Linie.
4008,92	0,24	0,25	0,51	0,50	+0,01	+0,27	+0,25	+0,40	+0,13	+0,25	+0,01	Mittlere Stärke. Bei hoher Cap. bedeutend stärker.
4024,19	0,22	0,28	0,50	0,51	+0,06	+0,28	+0,23	+0,36	+0,08	+0,29	+0,05	Mittlere Stärke. Bei hoher Cap. bedeutend stärker.
4063,77	0,23	0,22	0,30	0,30	+0,01	+0,07	+0,08	+0,11	+0,03	+0,09	+0,01	
4075,70	0,22	0,45	0,80	0,94	+0,23	+0,58	+0,49	+0,51	+0,06	+0,38	+0,11	Schwach. Bei hoher Cap. stärker.
4102,72	0,21	—	0,35	—	—	+0,14	—	+0,07	+0,08	—	—	Schwach. Bei mittlerer Cap. nicht ausexponiert.
4106,60	0,22	—	0,26	—	—	+0,04	—	+0,04	0,00	—	—	Sehr schwach. Bei mittlerer Cap. nicht ausexponiert.

λ	b_0	b_2	b_3	b_3'	Δb_2	Δb_3	$\Delta b_3'$	δ_r	δ_v	δ_r'	δ_v'	Bemerkungen.
4110,20	0,22	—	0,26	—	—	+0,04	—	+0,04	+0,01	—	—	Schwach. Bei mittlerer Cap. nicht ausexponiert.
4118,81	0,23	—	0,25	—	—	+0,02	—	+0,04	+0,02	—	—	Schwach.
4135,82	0,19	0,18	0,36	0,35	+0,01	+0,17	+0,17	+0,07	+0,10	+0,09	+0,07	Stark.
4140,38	0,20	0,23	0,39	0,39	+0,03	+0,19	+0,16	+0,10	+0,10	+0,06	+0,11	Stark.
4151,53	0,21	—	0,28	—	—	+0,07	—	+0,13	+0,06	—	—	Schwach.
4175,92	0,21	0,22	0,37	0,39	+0,01	+0,16	+0,17	+0,23	+0,08	+0,18	+0,01	Stark. Bei Capacitäten bedeutend schwächer. Viol. Rand scharf. Weite Abstufung nach Roth.
4179,80	0,29	0,26	0,58	0,58	+0,03	+0,29	+0,32	+0,16	+0,13	+0,14	+0,17	
4193,60	0,24	0,23	0,35	0,37	+0,01	+0,11	+0,14	+0,04	+0,07	+0,07	+0,07	Stark. Bei hoher Cap. stärker, bei mittlerer schwächer.
4224,03	0,32	0,29	0,71	0,75	+0,03	+0,39	+0,46	+0,17	+0,22	+0,18	+0,28	Sehr stark. Ohne und bei hoher Cap. überexponiert.
4230,16	0,20	—	0,27	—	—	+0,07	—	+0,03	+0,04	—	—	Mittlere Stärke. } Bei hoher Cap. stärker.
4237,03	0,24	—	0,33	—	—	+0,09	—	+0,05	+0,04	—	—	Ziemlich stark. }
4291,54	0,22	—	0,56	—	—	+0,34	—	+0,07	+0,26	—	—	Stark. Bei hoher Capacität überexponiert.
Mittelwerthe für die Platte № 202.	0,22	0,26	0,44	0,48	+0,04	+0,21	+0,22	+0,23	+0,02	+0,21	+0,02	
Platte № 203.												
4365,74	0,26	0,44	0,83	0,83	+0,18	+0,57	+0,39	+0,30	+0,27	+0,21	+0,18	Sehr stark.
4441,89	0,32	0,48	—	—	+0,16	—	—	—	+0,18	—	+0,25	Sehr stark. Bei Cap. viol. Rand scharf. Rother Rand mit Abstufung verbreitert. Aehnlich der vorigen Linie.
4472,79	0,41	0,45	—	—	+0,04	—	—	—	+0,13	—	+0,02	
4477,93	0,46	0,53	—	—	+0,07	—	—	—	+0,15	—	+0,06	Noch stärker als die beid. vorigen; d. Charakter d. Linie derselbe.
4525,75	0,38	0,42	—	—	+0,04	—	—	—	+0,43	—	+0,09	Sehr stark. Bei Cap. viol. Rand scharf. Rother Rand verbreitert mit Abstufung.
4529,95	0,22	—	0,70	—	—	+0,48	—	0	+0,48	—	—	Mittlere Stärke. Bei Capacitäten schwächer.
4538,90	0,21	0,43	0,75	0,72	+0,22	+0,54	+0,29	+0,13	+0,41	+0,07	+0,21	Schwach. Bei Cap. stärker.
4543,08	0,23	0,36	0,48	0,49	+0,13	+0,25	+0,13	+0,08	+0,18	+0,02	+0,11	In allen drei Fällen von gleicher mittlerer Intensität.
4601,55	0,27	0,55	1,19	1,19	+0,28	+0,92	+0,64	+1,19	+0,28	+0,69	+0,04	Sehr schwach.
4614,76	0,27	0,65	—	—	+0,38	—	—	+0,43	+0,05	—	—	Stark. Bei hoher Cap. kaum zu sehen, b. mittlerer Cap. schwach.
4622,94	0,30	0,43	0,70	0,70	+0,13	+0,40	+0,27	+0,19	+0,20	+0,13	+0,13	Stark in allen drei Fällen.
4642,22	—	0,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Sehr schwach. }
4643,71	0,23	0,68	—	—	+0,45	—	—	—	—	—	—	Mittlere Stärke. } Bei hoher Cap. nur eine breite Linie.
4652,19	0,17	0,34	0,59	0,58	+0,17	+0,42	+0,24	+0,36	+0,06	+0,16	+0,07	Schwach. Bei Capacitäten bedeutend stärker.
4672,78	0,22	0,37	0,58	0,57	+0,15	+0,36	+0,20	+0,15	+0,21	+0,05	+0,14	Schwach.

λ	b_0	b_2	b_3	b_3'	Δb_2	Δb_3	$\Delta b_3'$	δ_r	δ_v	δ_r'	δ_v'	Bemerkungen.
4678,87	0,48	0,72	1,23	1,25	+0,24	+0,75	+0,53	+0,32	-0,43	+0,16	-0,38	Sehr stark. Überexponiert in allen Fällen.
4693,47	0,21	0,40	0,63	0,63	+0,19	+0,42	+0,23	+0,14	-0,29	+0,07	-0,16	Mittlere Stärke.
4719,93	0,35	0,51	0,83	0,86	+0,16	+0,48	+0,35	+0,17	-0,31	+0,09	-0,26	Sehr stark. Überexponiert in allen Fällen.
4728,39	0,22	0,59	1,12	1,12	+0,37	+0,90	+0,53	+1,12	+0,23	+0,53	0	} Schwach und durchscheinend in allen Fällen.
4735,62	0,21	0,59	0,99	0,99	+0,38	+0,78	+0,40	+1,16	+0,38	+0,55	+0,15	
4742,90	0,22	0,40	0,69	0,66	+0,18	+0,47	+0,26	+0,15	-0,31	+0,04	-0,22	Ziemlich stark.
4766,23	0,21	0,79	—	—	+0,58	—	—	—	—	—	—	} Mittlere Stärke. Bei hoher Cap. nur eine Linie mit Abstufung nach Violett.
4767,29	0,26	0,40	—	—	+0,14	—	—	—	—	—	—	
4776,62	0,22	0,35	0,53	0,50	+0,13	+0,31	+0,15	+0,11	-0,19	0	-0,15	
4785,69	0,65	0,92	1,58	1,58	+0,27	+0,93	+0,66	+0,38	-0,54	+0,23	-0,42	Höchst stark. In allen Fällen überexponiert.
4802,55	0,19	0,37	0,50	0,50	+0,18	+0,31	+0,13	+0,26	-0,06	+0,10	-0,03	Schwach.
4816,91	0,50	0,70	1,15	1,15	+0,20	+0,65	+0,45	+0,24	-0,41	+0,11	-0,34	Sehr stark. In allen Fällen überexponiert.
4845,12	—	0,50	1,39	—	—	—	—	—	+0,29	—	+0,05	Sehr schwach. Bei Cap. viol. Rand scharf. Abstufung nach Roth.
4848,96	0,19	0,57	1,03	1,03	+0,38	+0,84	+0,46	+1,24	+0,40	+0,70	+0,23	Mittlere Stärke. Bei hoher Cap. weite Abstufung nach Roth.
4928,86	0,28	0,32	0,49	0,48	+0,04	+0,21	+0,16	+0,01	-0,20	+0,01	-0,14	} Schwache Linien.
4930,72	0,23	0,36	0,57	0,52	+0,13	+0,34	+0,16	+0,05	-0,29	+0,01	-0,16	
Mittelwerthe für die Platte № 203.	0,29	0,52	0,84	0,82	+0,21	+0,54	+0,33	+0,37	-0,09	+0,20	-0,10	
Platte № 204.												
5182,58	0,20	0,36	0,56	0,59	+0,16	+0,36	+0,23	+0,11	-0,25	-0,01	-0,23	
5238,48	0,22	0,32	0,44	0,45	+0,10	+0,22	+0,13	-0,04	-0,26	-0,07	-0,20	
5332,27	0,21	0,37	0,64	0,53	+0,16	+0,43	+0,16	+0,11	-0,33	-0,11	-0,27	
Mittelwerthe für d. Platten № 203 u. 204.	0,28	0,50	0,81	0,78	+0,21	+0,51	+0,31	+0,33	-0,11	+0,16	-0,12	

Aus der Betrachtung der Zahlen der vorigen Tabelle und des übrigen Beobachtungsmaterials lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

Bei Vermehrung der Capacität des neben geschalteten Condensators von einer bestimmten unteren Grenze an nimmt die Breite der Spectrallinien beträchtlich zu. Etwaige kleine, ganz unbedeutende Ausnahmen lassen sich wohl durch Versuchsfehler erklären. Bei kleiner und mittlerer Capacität (C_1 und C_2) ist auf der Platte № 202 in der Verbreiterung

der einzelnen Linien fast kein Unterschied herauszufinden, obgleich die Capacitäten beträchtlich von einander abweichen und sich etwa wie 1 zu 2 verhalten, ja es ist selbst der Unterschied in der Breite der Linien bei mittlerer Capacität (b_2) und ohne Capacität (b_0) in den meisten Fällen ganz und gar unbedeutend. Manche von diesen kleinen Unterschieden lassen sich wohl auf Versuchsfehler zurückführen. Erst für die grösste Capacität (C_3) tritt eine mehr oder weniger bedeutende Verbreiterung auf. Dies lässt wohl darauf schliessen, dass nur bei Überschreitung einer gewissen Capacität, deren Grösse wahrscheinlich vom inneren Durchmesser der leuchtenden Röhre abhängig ist, merkliche Verbreiterungserscheinungen zu Stande kommen. Die Wirkung einer solchen Capacität ist ganz ähnlich einer Druck-erhöhung des leuchtenden Dampfes (siehe § 4).

Im Mittel ist für die Platte № 202 die Verbreiterung Δb_2 beim Übergang von dem Falle ohne Capacität zu dem einer mittleren Capacität ($C_2 = 207$ cm.) fast unbemerkbar ($\Delta b_2 = +0,04$), während Δb_3 (grösste Capacität $C_3 = 671$ cm.) schon den Werth $+0,21$ erlangt.

Man könnte wohl gewisse Bedenken gegen die Bildung von Mittelwerthen erheben, da nicht alle Linien in demselben Spectralgebiet dieselben Eigenschaften besitzen, aber da, wo es sich nur darum handelt, den allgemeinen Charakter der Erscheinung darzulegen, ist die Bildung von solchen Mittelwerthen wohl zweckmässig, da dadurch manche zufällige Beobachtungsfehler mehr oder weniger eliminiert werden.

Wenden wir uns jetzt zu den Platten № 203 und 204.

Hier waren die Verhältnisse schon andere. Die mittlere Capacität war jetzt $C_3 = 671$ cm., was der grössten Capacität auf der Platte № 202 entspricht, während die grösste Capacität schon $2C_3 = 1342$ cm. betrug.

Dementsprechend ergab sich im Mittel für beide Platten:

$\Delta b_2 = +0,21$, was identisch mit dem Werthe Δb_3 auf der Platte № 202 ausfällt (dieselbe Capacität $C_3 = 671$ cm.), während Δb_3 in diesem Falle viel grösser wird und zwar ist $\Delta b_3 = +0,51$.

Einige Linien verbreitern sich verhältnissmässig wenig, während bei anderen dagegen eine sehr bedeutende Verbreiterung auftritt. Es giebt sogar Fälle, wo zwei benachbarte Linien bei grosser Capacität zu einer einzigen Linie zusammenfliessen.

Zu den ersteren gehören z. B. die Linien:

λ	λ
3968,81	4230,16
4063,77	4237,03
4106,60	4472,79
4110,20	4477,93
4118,81	4525,75
4151,53	4928,86

Die folgenden Linien z. B., wie auch manche anderen, weisen eine sehr bedeutende Verbreiterung auf:

λ	λ
3924,25	4728,39
4075,70	4735,62
4224,03	4785,69
4365,74	4816,91
4601,55	4848,96.
4678,87	

Diese grosse Verbreiterung lässt sich nicht in allen Fällen auf eine Überexposition der betreffenden Linien zurückführen. In einigen Fällen, wo die Linien sehr stark sind, kann dies wirklich stattfinden, aber es giebt auch Fälle, wo verhältnissmässig schwache Linien eine sehr bedeutende Verbreiterung aufweisen, wo also von einer Überexposition nicht mehr die Rede sein kann.

Wenden wir uns jetzt der Verschiebung der Ränder zu.

Auf der Platte № 202 ist δ_r in allen Fällen positiv und im Mittel gleich $+0,23$, während δ_v sein Vorzeichen wechselt und im Mittel nur $+0,02$ ausmacht. Was nun δ_r' und δ_v' , d. h. die Verschiebung der Ränder bei der grössten Capacität in Bezug auf die mittlere Capacität, anbetrifft, so ist im Mittel

$$\delta_r' = +0,21, \quad \delta_v' = -0,02.$$

Für die Platten № 203 und 204 ist im Mittel

$$\begin{aligned} \delta_r &= +0,33 & \delta_v &= -0,11 \\ \delta_r' &= +0,16 & \delta_v' &= -0,12. \end{aligned}$$

Wir sehen also, dass meistens die Verbreiterung der Linien durch eine Verschiebung des rothen Randes derselben zu grösseren Wellenlängen verursacht ist, wobei zuweilen eine Art allmählicher Abstufung der Helligkeit dieses Randes auftritt, aber es giebt auch Fälle, wo der violette Rand stark nach kleineren Wellenlängen zu verschoben ist. Zu diesen gehören z. B. die Linien:

λ	λ
4224,03	4678,87
4291,54	4785,69
4529,95	4816,91.
4538,90.	

Es kommen auch Fälle vor, wo der violette Rand der Linien stark nach Roth verschoben ist. Dies tritt z. B. bei den folgenden Linien auf:

λ	λ
4525,75	4845,12
4601,55	4848,96
4735,62	

und, da nach den Platten № 202 und 203 in keinem einzigen Falle ein negativer Werth von δ_r beobachtet worden ist, so muss in diesen Fällen auf eine Verschiebung der Mitten der betreffenden Linien zu grösseren Wellenlängen geschlossen werden.

Es sind aber auch Fälle vorhanden, wo die Ränder der Linien sich ziemlich symmetrisch ausbreiten, und wo folglich die Mitten der Linien ihre Lage fast unverändert behalten. Zu diesen gehören z. B. die folgenden Linien:

λ	λ
3986,70	4230,16
4102,72	4237,03
4135,82	4365,74
4140,38	4622,94
4179,80	4672,78
4193,60	4776,62
4224,03	

In einigen Ausnahmefällen findet aber eine negative Verschiebung der Mitte der Linien nach kleineren Wellenlängen zu statt. Dies tritt z. B. bei folgenden Linien auf:

λ	λ
4291,54	4816,91
4529,95	4928,86
4538,90	4930,72
4693,47	5238,48
4742,90	5332,27
4785,69	

Ausser einer Verbreiterung der Linien und einer Verschiebung der Ränder derselben üben nebengeschaltete Condensatoren noch andere Wirkungen aus. Manche Linien erscheinen bei Capacitäten viel stärker, andere dagegen werden sehr geschwächt. Es treten auch zuweilen bei Capacitäten neue Linien auf.

Ausser den Linien, welche in der vorigen Tabelle III zusammengestellt sind, und deren Verbreiterung resp. Verschiebung der Ränder direct gemessen wurde, sind die Eigenschaften mancher anderer Linien studiert worden. Dieselben mögen nun weiter folgen.

Wellenlänge λ .	Eigenschaften der Linien.
3714,41 Ä. E.	Bei Cap. etwas stärker und nach Roth verbreitert.
3740,65	} Bei grosser Cap. bedeutend stärker.
3970,75	
4208,70	
3772,69	Bei Cap. bedeutende Verbreiterung.
3794,14	} Bei den Cap. sind die Linien nicht zu erkennen.
3828,65	
3999,21	
4018,45	
4021,92	
4365,29	
4775,39	
4834,61	
3815,79	
3992,51	
(3946,80)	} Schwache Paare von Linien. Bei grosser Cap. verwandelt sich jedes Paar in eine einzige breite Linie.
(3947,11)	
(4036,61)	
(4037,51)	
3994,01	Bei den Cap. stärker.
4012,74	Bei Cap. fast nicht zu unterscheiden. Bei grosser Cap. kommt noch die Linie $\lambda = 4014,45$ zum Vorschein.
4046,74	Bei Cap. fehlt. Bei Cap. findet sich noch die Linie $\lambda = 4045,55$.
4090,76	Bei Cap. stärker und wenig verbreitert.
4096,22	Bei Cap. verbreitert und nach Roth verschoben.
4098,07	Bei Cap. symmetrische Verbreiterung nach beiden Seiten.
4117,69	Bei Cap. dermaassen verbreitert, dass noch kaum zu unterscheiden ist.
4138,71	Bei grosser Cap. sehr verbreitert nach Roth.
4144,11	Bei Cap. schwächer und stark nach Roth verbreitert. Viol. Rand schärfer.
4160,14	Bei Cap. sehr bedeutende Verbreiterung nach beiden Seiten.
4202,63	Bei Cap. fast keine Verbreiterung.
4391,76	Fehlt bei Cap. Dagegen finden sich bei grosser Cap. die Linien $\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 4383,98 \\ \lambda = 4393,72. \end{array} \right.$

Wellenlänge λ .	Eigenschaften der Linien.
4407,82 Ä. E.	Bei Cap. stärker und beträchtlich nach Roth verbreitert.
4425,28	Bei Zunahme der Cap. schwächer.
4490,62	Bei mittlerer Cap. schwächer, bei grosser Cap. fehlt. Bei grosser Cap. zwei schwache, breite Linien bei $\lambda = 4506,61$ und $\lambda = 4508,15$.
4513,62	Bei Cap. schwächer. Bei grosser Cap. finden sich noch die Linien $\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 4516,41 \\ \lambda = 4519,95. \end{array} \right.$
4558,27	Bei grosser Cap. zwei breite Linien.
4575,94	Bei Cap. verbreitert; Abstufung nach Roth. Bei grosser Cap. tritt noch die Linie $\lambda = 4580,09$ auf.
4597,09	} Bei Cap. verbreitert.
4629,66	
4752,48	Bei Cap. viel schwächer und nach Roth verschoben.
4774,02	Bei Cap. etwas stärker und verbreitert.
4780,50	Bei grosser Cap. fehlt.

Die Aufnahme № 205 speciell mit der allergrössten Capacität (Leydener Flasche $C_4 = 3735$ cm.) ergab schon total verschwommene Linien.

§ 3.

Die Temperatur der leuchtenden Funkenstrecke.

Es ist von Wichtigkeit bei solchen Versuchen über das Emissionsspectrum verschiedener Substanzen die Temperaturverhältnisse des leuchtenden Stoffes und zwar bei verschiedenen Bedingungen feststellen zu können. Solche Temperaturmessungen bei Entladungen, wo die Röhren verhältnissmässig breit sind und die Lichterscheinung sich über den ganzen Raum verbreitet, sind einigermaassen leichter auszuführen, obgleich man auch dort über die wahre Temperatur der leuchtenden Theilchen nichts bestimmtes aussagen kann, wo doch möglicherweise electriche Entladungen selbst, ohne die Temperatur des ganzen merklich zu erhöhen, eine stärkere Helligkeit erzeugen können. Viel complicierter wird die Sache noch bei einer Temperaturmessung in Fällen, wo die Entladung die Form eines dünnen hellen Fadens besitzt und zudem noch in einer Capillare eines gewöhnlichen Geisslerrohres vor sich geht, wo jede Wärmeabgabe an die nahen Rohrwände störend einwirkt.

Die Entladung durch den Bromdampf bei hoher Verdünnung und ohne Condensator zieht sich in einem schmalen Faden von Elektrode zur Elektrode und hat in der Capillare das Aussehen, wie wenn der Lichtfaden von den Rohrwänden abgestossen und in der Axe

des Rohres concentrirt würde. Bei Nebenschaltung von Capacitäten erfüllt aber der ungewöhnlich helle Funke die Capillare vollständig aus.

Nun kam es uns darauf an, einigermaassen die Wärmewirkungen solcher Funken auf ein Thermoelement mit einander zu vergleichen.

Es wurde zu dem Zweck ein besonderes Geisslerrohr mit Platinelectroden hergestellt, ein Thermoelement, wie man sie zur Messung von hohen Temperaturen bis 1600° C. benutzt,

in der Mitte des engen Theils des Rohres eingeschmolzen und das Rohr in der früher beschriebenen Weise verwendet. Die Thermostrome wurden mittelst eines aperiodischen Galvanometers gemessen. Nach der Beendigung der Versuche wurde das Thermoelement aus dem Rohr herausgenommen und die Angaben des Galvanometers nach einem gewöhnlichen Quecksilberthermometer geächt.

Das Rohr ist auf der Fig. 3 skizziert.

Die Elektroden bestanden hier aus Platinblechcylindern, von denen je zwei dünne Drähte durch die Glaswand nach aussen führten. Die Entfernung der einander zugekehrten Enden der Elektroden betrug 13,5 cm., die Länge des mittleren, engen Theils des Rohres 6,8 cm. und der innere Durchmesser desselben 1,8 mm. Die Kugel des Thermoelements wurde während der Entladung von dem Funken umspült. Beim Commutieren des primären Stromes im Funkeninductorium war keine Temperaturänderung zu constatieren.

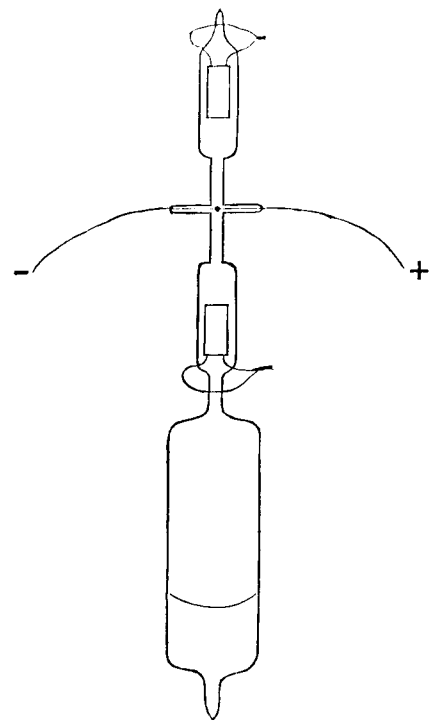
Mit diesem Rohr wurde im Gebiete der Platte № 203 eine Aufnahme gemacht (Platte № 206) und die Angaben des Thermoelements notiert. Der Druck des Bromdampfes betrug dabei 15,0 mm (die Tension bei — 20° C.). Die mittlere Stromstärke i des primären Stromes war hier in allen Fällen gleich 3,5 Amp.

Platte № 206.

(Bromdampf bei 15,0 mm Druck.)

Condensator.	Temperatur des Funkens t .	Expositionsdauer.
Ohne Condensator.	308° C.	60 Min.
$C_4 = 3735$ cm.	277 »	1 »
$2C_3 = 1342$ »	223 »	3 »
$C_3 = 671$ »	276 »	5 »

Fig. 3.



Wie wenig aus diesen Temperaturangaben auf eine regelmässige Abhängigkeit von der Capacität auch geschlossen werden kann, so ist doch das eine zu ersehen, dass nämlich die Temperaturwirkung, trotz der bedeutend grösseren Lichtstärke des Funkens bei Anwendung von Condensatoren (siehe die Expositionszeiten), etwas kleiner ausfällt. Die Helligkeit des Funkens steht also nicht in einem so engen Zusammenhang mit der Temperatur desselben.

Weiter sind Temperaturangaben (t) mitgetheilt, wo zugleich die mittlere Stromstärke i des primären Stromkreises und die Anzahl der Unterbrechungen pro Secunde n notiert wurden.

Ohne Condensator.

i	n	t
2,3 Amp.	40	82° C.
2,3 »	71	142 »
2,3 »	98	207 »

Mit Condensator. $C_3 = 671$ cm.

i	n	t
3,7 Amp.	41	216° C.
2,7 »	71	165 »
2,2 »	91	123 »

Ohne Condensator.

i	n	t
3,6 Amp.	97	259° C.
4,0 »	71	250 »
4,0 »	50	247 »

Aus diesen Zahlenangaben lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

Bei derselben Unterbrechungszahl n nimmt mit wachsender Stromstärke i des primären Stromes die Temperatur des Funkens zu und zwar, je kleiner die Unterbrechungszahl n ist, desto grösser wird diese Zunahme der Temperatur für dieselbe Aenderung der Stromstärke i .

Bei derselben Stromstärke i nimmt mit wachsender Unterbrechungszahl n die Temperatur des Funkens zu und zwar, je kleiner diese Stromstärke i ist, desto grösser wird diese Zunahme der Temperatur für dieselbe Aenderung der Unterbrechungszahl n .

Wir sehen zugleich, dass der Bromdampf auch bei einer Temperatur, die unter 100° C. liegt, zum Leuchten gebracht werden kann.

Eine weitere Aufnahme mit diesem Rohr wurde mit Tesla-Strömen versucht (Platte № 207), um einen möglichen Einfluss der Unterbrechungszahl auf das Aussehen des Spectrums zu finden. Die Platte ist zu wenig ausexponiert, so dass nur an den stärksten Linien ein Vergleich vorgenommen werden konnte. Es ergibt sich, dass Tesla-Ströme eine sehr geringe Verbreiterung der Linien hervorbringen.

Platte № 207.

Ohne Condensator. Dampftension $15,0 \text{ }^m/\text{m}$.

i	n	t	Expositionsdauer.
Tesla Entladung.	—	132° C.	$60''$
4,1 Amp.	39	225 »	15
3,1 »	714	300 »	15

Wir haben früher gesehen, dass mit wachsender Unterbrechungszahl die Temperatur des leuchtenden Funkens zunimmt. Man wäre also geneigt zu erwarten, dass bei Tesla-Strömen dieselbe sehr gross würde. In der That ergab sich aber $t = 132^\circ \text{ C.}$, was wohl dadurch zu erklären ist, dass die Stromstärke in diesem Fall im leuchtenden Dampf sehr gering war, da selbst für eine Expositionsdauer von einer Stunde die Platte noch nicht genügend ausexponiert war.

Zum Schluss war eine Aufnahme (Platte № 208) gemacht, wo der Druck des Bromdampfes variiert wurde. Dabei wurde die mittlere Stromstärke i des primären Stromkreises und die Unterbrechungszahl n möglichst constant gehalten und zugleich die Temperatur t des leuchtenden Funkens notiert. Die Aufnahme wurde ohne Condensator erhalten.

Es soll nun t' die Temperatur des unteren Reservoirs mit flüssigem Brom bedeuten (siehe die Fig. 3) und p den entsprechenden Dampfdruck nach der Tabelle VI unserer ersten Mittheilung.¹⁾ Es ergaben sich folgende Zahlenwerthe.

Platte № 208.

i	n	t'	p	t	Expositionsdauer.
4,0 Amp.	46	18° C.	$159 \text{ }^m/\text{m}$	221° C.	$15''$
4,2 »	46	—20 »	15	339 »	60
4,0 »	46	— 5 »	49	362 »	30

1) L. c. p. 22.

Diese Zahlen haben keinen sehr regelmässigen Gang, aber sie lassen ohne Zweifel erkennen, dass bei dem grössten Dampfdruck $p = 159 \text{ }^m/\text{m}$, wo also der Funke am lichtstärksten war (kürzeste Expositionszeit), die Temperatur des Funkens kleiner ausfällt, als bei geringeren Drucken des leuchtenden Bromdampfes. Diese Wirkung der Druckzunahme auf die Temperatur ist also ganz analog der eines neben geschalteten Condensators.

Die Verbreiterung der Linien bei $159 \text{ }^m/\text{m}$ Dampfdruck ist schon eine recht beträchtliche.

§ 4.

Einfluss des Druckes auf die Breite der Emissionslinien des Bromdampfes.

Das für die oben beschriebenen Versuche verwendete Rohr wurde für weiteres Arbeiten auf diesem Gebiet untauglich, da die an den Wänden sich niedergeschlagene Platinstaubschicht das Rohr zu undurchsichtig machte.

Es wurde daher ein neues ähnliches Rohr vorbereitet, bei dem die Electroden-distanz 15 cm., die Länge des engeren Theils 4 cm. und der Durchmesser desselben $0,54 \text{ }^m/\text{m}$ betrug.

Es wurden mit diesem Rohr auf einer und derselben Platte (№ 209) neben einander drei Aufnahmen ohne Condensator gemacht und zwar unter den folgenden Bedingungen.

Platte № 209.

n	t'	p	Expositionsdauer.
85	$2^\circ 5 \text{ C.}$	$76 \text{ }^m/\text{m}$	$30''$
85	15,5	142	15
85	—20	15	60

Auf beiden Seiten des Bromspectrums wurden noch die Eisenlinien mitphotographiert, aber die Wellenlängen der Bromlinien wurden nicht nochmals bestimmt, sondern bei der Bearbeitung nach der Platte № 203 als richtig angenommen.

Diese Platte № 209 wurde, wie die früheren Platten №№ 202, 203 und 204, einer genauen Ausmessung unter dem Mikroskop unterzogen, um den Einfluss einer Druck-erhöhung auf die Verbreiterung und Verschiebung der Ränder der Linien festzustellen.

Wollen wir auch hier ähnliche Bezeichnungen, wie bei der Tabelle III, beibehalten.

Es soll nun bedeuten:

b_0 die Breite der Linien bei niedrigem Druck

b_2 » » » » » mittlerem »

b_3 » » » » » höchstem Druck auf der zu b_0 gewandten Seite¹⁾

b_3' » » » » » » » » » b_2 » »

Setzen wir weiter

$$\Delta b_2 = b_2 - b_0$$

$$\Delta b_3 = b_3 - b_0$$

$$\Delta b_3' = b_3' - b_2.$$

Es bedeuten dann:

Δb_2 die Verbreiterung bei mittlerem Druck in Bezug auf niedrigen,

Δb_3 die Verbreiterung bei höchstem Druck in Bezug auf niedrigen und

$\Delta b_3'$ die Verbreiterung bei höchstem Druck in Bezug auf mittleren Druck.

Wollen wir ebenfalls analoge Bezeichnungen, wie früher, für die Verschiebung der Ränder einführen.

Es solle bedeuten:

δ_r die Verschiebung des rothen Randes beim höchsten Druck in Bezug auf niedrigen,

δ_v die Verschiebung des violetten Randes beim höchsten Druck in Bezug auf niedrigen,

δ_r' die Verschiebung des rothen Randes beim höchsten Druck in Bezug auf mittleren und

δ_v' die Verschiebung des violetten Randes beim höchsten Druck in Bezug auf mittleren Druck.

Das Vorzeichen $+$ soll dabei eine Verschiebung nach den grösseren Wellenlängen zu bedeuten beim Uebergang von einem kleineren zu einem grösseren Druck.

Es gelten noch dabei, in ähnlicher Weise wie früher, die Beziehungen

$$\Delta b_3 = \delta_r - \delta_v$$

$$\Delta b_3' = \delta_r' - \delta_v'.$$

Es sind nun alle diese Werthe, wie dieselben sich aus der Ausmessung der Platte № 209 ergaben, in der folgenden Tabelle IV zusammengestellt. Die erste Colonne enthält noch die Wellenlängen λ der entsprechenden Bromlinien und die letzte etwaige Bemerkungen über die Beschaffenheit der Linien.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten angegeben.

Die in dieser Tabelle stehenden eingeklammerten Zahlen () beziehen sich auf die Grenze einer sich noch weiter erstreckenden weniger hellen Verbreiterung.

1) Die Aufnahme bei höchstem Druck liegt zwischen den bei niedrigem und mittlerem Druck.

Tabelle IV.

λ	b_0	b_2	b_3	b_3'	Δb_2	Δb_3	$\Delta b_3'$	δ_r	δ_v	δ_r'	δ_v'	Bemerkungen.
Platte № 209.												
4365,74	0,23	0,43	1,18	1,16	+0,20	+0,95	+0,73	+0,54	-0,42	+0,54	-0,19	Bei niedrigem Druck scharf, bei höchstem durchscheinend. Schwache Verbreiterung erstreckt sich noch weiter.
4441,89	0,25	0,27	0,36	0,38	+0,02	+0,11	+0,11	+0,17	+0,06	+0,10	-0,02	
4472,79	0,33	0,30 (0,53)	0,93	0,91	-0,03 (+0,20)	+0,60	+0,61 (+0,38)	+0,70	+0,10	+0,58 (+0,36)	-0,03	
4477,93	0,32	0,27 (0,96)	2,06	2,18	-0,05 (+0,64)	+1,74	+1,91 (+1,22)	+1,89	+0,14	+1,90 (+1,21)	-0,01	
4525,75	0,25	0,27 (0,52)	0,57	0,61	+0,02 (+0,27)	+0,32	+0,34 (+0,09)	+0,38	+0,07	+0,34 (+0,09)	0,00	Bei diesen vier Linien ist auch bei hohen Drucken der violette Rand scharf. Die Verbreiterung ist mit Abstufung nach der rothen Seite, wobei bei höchstem Druck der Kern der Linie gänzlich verloren geht.
4543,08	0,23	0,37	1,21	1,15	+0,14	+0,98	+0,78	+0,34	-0,64	+0,30	-0,48	
4575,94	0,26	0,49	0,59	0,76	+0,23	+0,33	+0,27	+0,42	+0,09	+0,22	-0,05	
4614,76	0,18	—	0,73	—	—	+0,55	—	+0,49	-0,06	—	—	
4622,94	0,23	0,42	1,10	1,02	+0,19	+0,87	+0,60	+0,19	-0,68	+0,19	-0,41	Durchscheinend.
4678,87	0,27	0,46	0,96	0,87	+0,19	+0,69	+0,41	+0,11	-0,58	+0,21	-0,20	Bei höchstem Druck erstreckt sich die schwächere Verbreiterung nach beiden Seiten noch weiter.
4693,47	0,24	0,49	0,88	0,98	+0,25	+0,64	+0,49	+0,20	-0,44	+0,16	-0,34	
4705,03	0,49	0,99	1,24	1,28	+0,50	+0,75	+0,29	+0,07	-0,68	-0,03	-0,33	
4719,93	0,19	0,34	0,89	0,86	+0,15	+0,70	+0,52	+0,14	-0,57	+0,13	-0,40	
4742,90	0,22	0,45	0,87	0,92	+0,23	+0,65	+0,47	+0,05	-0,60	+0,08	-0,40	Sehr stark in allen Fällen. Verbreiterung noch weiter.
4767,29	0,22	0,43	0,85	0,91	+0,21	+0,63	+0,48	0	-0,64	+0,09	-0,39	
4785,69	0,29	0,59	0,75	0,77	+0,30	+0,46	+0,18	-0,02	-0,48	+0,04	-0,14	
4816,91	0,22	0,46	0,76 (1,47)	0,74	+0,24	+0,54 (+1,25)	+0,28	-0,07 (+0,16)	-0,62 (-1,10)	-0,01	-0,28	

Aus der Betrachtung der erhaltenen Originalplatte und der Zahlen der vorigen Tabelle lässt sich sofort ersehen, dass bei einer Drucksteigerung des Bromdampfes von 15 $\frac{m}{m}$ auf 142 $\frac{m}{m}$ in den meisten Fällen eine sehr bedeutende Verbreiterung der Spectrallinien auftritt. Nur bei der Linie $\lambda = 4441,89$ ist die Verbreiterung gering, in anderen Fällen dagegen ist bei 142 $\frac{m}{m}$ Druck die Breite der Linie zuweilen 2, 3, 4 und sogar bis mehr als 5 Mal grösser als bei dem niedrigen Druck von 15 $\frac{m}{m}$. Zuweilen erstreckt sich die Verbreiterung in der Form einer schwachen Abstufung noch weiter, so dass die Linien einen ziemlich verschwommenen Charakter erhalten.

Im Allgemeinen ist der Charakter dieser Verbreiterung bei Drucksteigerung sehr ähnlich dem beim Parallelschalten eines Condensators von passender Capacität. Nur erscheinen

bei grossen Capacitäten einzelne Linien ganz ausgelöscht, wie dies auf einer speciellen Aufnahme (Platte № 210) sehr gut zu erschen ist,¹⁾ und was bei einer Druckerhöhung nicht gefunden werden konnte.

Wenden wir uns jetzt der Verschiebung der Ränder der Linien bei Druckerhöhung zu.

Beim Uebergang von 15 ^m/_m auf 142 ^m/_m Dampfdruck verschiebt sich fast in allen Fällen der rothe Rand der Linien nach grösseren Wellenlängen. Bei einigen Linien ist diese Verschiebung recht beträchtlich (bei $\lambda = 4472,79 - +0,70$ Å. E.; bei $\lambda = 4477,93 - +1,89$ Å. E.), bei anderen dagegen gering.

Der violette Rand weist auch bei einigen Linien eine positive Verschiebung auf, aber diese positive Verschiebung ist dann immer sehr gering (höchstens $+0,14$ Å. E.). Dagegen kommen negative Verschiebungen des violetten Randes nach kleineren Wellenlängen viel öfters vor und erreichen zuweilen ziemlich beträchtliche Werthe. In mehreren Fällen ist diese negative Verschiebung mehr als 0,50 Å. E.; das Maximum $\delta_v = -0,68$ Å. E. findet bei den Linien $\lambda = 4622,94$ und $\lambda = 4705,03$ statt.

Entsprechend dem Charakter der Verschiebung der Ränder verschiebt sich die Mitte der Linien zuweilen nach grösseren, zuweilen nach kleineren Wellenlängen zu, aber wegen des verschwommenen Aussehens der Linien bei grösserem Druck darf man von einer eigentlichen Verschiebung der wirklichen Mitte der Linien nur mit Vorbehalt sprechen.

§ 5.

Form der Funkenstrecke in einem breiten und kurzen Rohr bei verschiedenen parallel geschalteten Condensatoren.

Es wurde ein ganz kurzes cylindrisches Geisslerrohr von ca. 1,5 cm. innerem Durchmesser hergestellt, welches an das bekannte Reservoir mit flüssigem Brom zum Variieren des Druckes angeschmolzen wurde. Das Rohr war also ohne Verengung; die Electroden-
distanz betrug dabei 6,5 cm.

Mit diesem Rohr wurden Aufnahmen des Bromspectrums bei verschiedenen nebengeschalteten Condensatoren gemacht (Platte № 212). Die Dampftension war in allen Fällen gleich 15 ^m/_m, die mittlere Stromstärke des primären Stromkreises $i = 5,5$ Amp. und die Anzahl der Unterbrechungen pro Secunde $n = 32-33$.

1) Eine Aufnahme ohne Condensator, die andere mit einer nebengeschalteten grossen Leydener Flasche ($C_4 = 3735$ cm.).

Platte № 212.

Expositionsdauer.

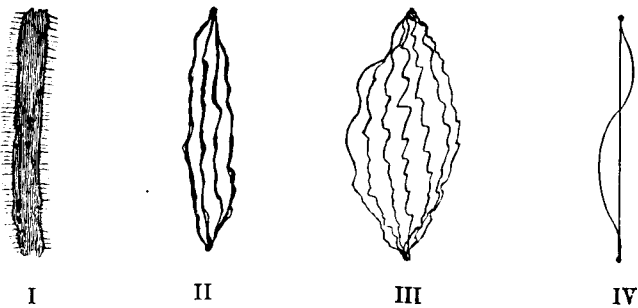
Brom ohne Condensator	30 ^m
I. Brom mit 3 grossen Leydener Flaschen ($C = 3C_4 = 11205$ cm.) ...	2 ¹ / ₂ ^m
II. » » 2 » » » ($C = 2C_4 = 7470$ cm.) ...	2 ¹ / ₂ ^m
III. » » 1 » » » ($C = C_4 = 3735$ cm.) ...	4 ^m
IV. » » der Capacität $C = C_3 = 671$ cm.	15 ^m

Bei der Aufnahme ohne Capacität ist eine halbe Stunde Expositionsdauer ganz ungenügend gewesen, so dass auf der Platte nur einige Spuren von Linien zu finden sind. Die anderen Aufnahmen ergeben folgendes interessantes Resultat, nämlich, dass bei einem solchen breiten Rohr, trotzdem die Capacitäten zwischen sehr weiten Grenzen variiert wurden, eine Erhöhung der Capacität einen höchst geringen Einfluss auf die Verbreiterung der Linien hat. Bei engen Röhren dagegen haben wir früher einen bedeutenden Einfluss grösserer Capacitäten auf die Breite der Linien constatirt. Wir sehen also, dass die Wirkung von nebengeschalteten Condensatoren auf die Verbreiterung der Spectrallinien im inneren Zusammenhang mit der Breite des betreffenden Rohres steht.

Die Platte № 212 lehrt ausserdem, dass bei sehr hoher Capacität die Lichtstärke bei einzelnen Linien sehr gering wird.

Sehr interessant ist bei diesen vier Fällen von Aufnahmen mit vier verschiedenen Capacitäten die Form des leuchtenden Funkens, wie dieselbe auf der Figur 4 wiedergegeben ist.

Fig. 4.



Ohne nebengeschaltete Condensatoren kommt es überhaupt nicht zur Bildung eines helleren feinen Lichtfadens, wie es bei den früheren Röhren der Fall war, sondern der ganze Raum ist von einem ziemlich gleichmässigen schwachen Leuchten erfüllt.

Im Falle I (allergrösste Capacität) bildet der Funke ein dickes, sehr helles Band, umgeben von einer schwächeren Aureole; bei II zerlegt sich derselbe in einzelne ziemlich gerade gehende Theilfunken; bei III erscheint die Entladung in eine beträchtliche Anzahl von feineren Funken aufgelöst, die sich bauchig zu den Rohrwänden hinziehen. Endlich im

Falle IV (kleinste Capacität) bleibt nur ein dünner heller Faden nach, der sich von Electrode zur Electrode hinzieht; um ihn schlingt sich bisweilen wellenförmig rotierend ein zweiter dünner Faden.

Auf eine wirkliche Erklärung dieser charakteristischen Eigenschaften des Funkens in ihrer Abhängigkeit von der Capacität der nebengeschalteten Condensatoren muss man fürs Erste verzichten.

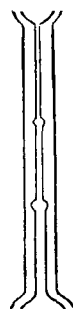
6.

Aussehen des Emissionsspectrums des Bromdampfes bei Röhren verschiedener Durchmesser.

Zur Untersuchung dieser Frage wurde ein specielles Geisslerrohr verfertigt, dessen schmaler Theil von ca. 3,5 cm. Länge aus 3 aneinander geschmolzenen Röhren von verschiedenem innerem Durchmesser bestand. Diese inneren Durchmesser waren resp. gleich 1,86 mm, 0,60 mm und 0,45 mm. Eine Zeichnung dieses Rohres findet sich auf der Fig. 5.

Mit diesem Rohr wurden zwei photographische Aufnahmen erhalten №№ 216 und 217. Die Dampftension des Broms war in beiden Fällen gleich 15 mm.

Fig. 5.



Platte № 216.

Brom ohne Condensator.
Mittlere Stromstärke $i = 4,2$ Amp.
Unterbrechungszahl $n = 90$.
Expositionsdauer 30".

Platte № 217.

Brom mit einer grossen Leydener Flasche ($C_4 = 3735$ cm.).
Expositionsdauer 2".

Bei der Platte № 216 (ohne Condensator) ist in dem Theil des Spectrums, welcher dem engsten Stück des Rohres entspricht, keine eigentliche Verbreiterung der Linien zu erkennen, nur ist die Lichtstärke eine weit grössere.

Auf der Platte № 217 erscheint die Aufnahme von der engsten Abtheilung des Geisslerrohres schon ganz verschwommen, während in den beiden breiteren Theilen zwar auch Verbreiterung der Linien stattgefunden hat, die aber in den Bereichen dieser Stücke gleich gross erscheint, obgleich die Durchmesser ganz verschieden sind.

Diese Aufnahmen bestätigen auch die früher gewonnenen Resultate über den Einfluss des Condensators auf das Aussehen des Spectrums.

Wir sehen also, dass eine Verjüngerung des leuchtenden Theils eines Geisslerrohres, obgleich sie von einer grösseren Lichtstärke des emittierten Spectrums begleitet ist, an und für sich, zwischen den hier vorgekommenen Grenzen, keine merkliche Verbreiterung der Linien hervorruft. Für noch kleineren Durchmesser mag das wohl der Fall sein (man siehe folgenden §).

Wird aber eine bestimmte Capacität nebenbei geschaltet, so kann dieselbe eine Verbreiterung der Linien hervorrufen, dazu muss aber das Rohr einen entsprechenden Durchmesser haben und zwar, je kleiner die Capacität ist, desto kleiner muss auch der Durchmesser des Rohres sein, bei welchem eine Verbreiterung der Linien anfängt sich geltend zu machen.

§ 7.

Aussehen des Emissionsspectrums des Bromdampfes bei Röhren von kegelförmiger Form.

Als Ergänzung der Versuche des vorigen Paragraphen wurden noch Beobachtungen angestellt mit Röhren von veränderlichem Querschnitt.

Diese Röhren hatten eine allmähliche Verengung bis in die Mitte, so dass der innere Entladungsraum eine Art doppelten abgestumpften Kegel bildete, wie dies auf der Fig. 6 zu sehen ist.

Das erste von diesen benutzten Röhren hatte folgende Dimensionen:

Länge des engeren Theils. 5 cm.
Innerer Durchmesser in der Mitte des Rohres 0,43 mm
» » 1 cm. weiter nach den Electroden zu . . 0,52 und 0,50 mm
» » 2 cm. von der Mitte 0,94 und 1,03 mm.

Fig. 6.



Mit diesem Rohr wurden 4 Aufnahmen (Platten №№ 218₁, 218₂, 218₃, 218₄) unter verschiedenen Bedingungen gemacht, wobei die Dampftension des Broms in allen Fällen 15 mm betrug.

Platte.	Capacität.	Expositionsdauer.
218 ₁	$C = C_3 = 671$ cm.	4"
218 ₂	$C = 2C_3 = 1342$ cm.	3
218 ₃	Ohne Condensator	15
218 ₄	Grosse Leydener Flasche $C = C_4 = 3735$ cm.	3

Die Aufnahmen 218₁ und 218₂ zeigen in Wirklichkeit in höchst ausgeprägter Weise eine starke Verbreiterung in der Mitte des Rohres, wobei bei der Platte 218₂, d. h. bei einer doppelt so grossen Capacität, diese Verbreiterung grösser ausfällt.

Bei der Platte 218₃, d. h. ohne Condensator, lässt sich keine Verbreiterung in der Mitte erkennen. Der innere Durchmesser dieses engeren Theils (0,43 ^m/_m) ist ja fast identisch mit dem Durchmesser des engsten Rohrabschnittes bei den Versuchen des vorigen Paragraphen (0,45 ^m/_m), wo, wie wir eben gesehen haben, keine Verbreiterung bei Abwesenheit eines Condensators stattgefunden hatte.

Bei der Platte 218₄ ist an den engsten Stellen des Rohres der Platinstaub von den Elektroden sehr lästig geworden, so dass dort keine zuverlässigen Details zu erkennen sind.

Um sich vor dem Platinstaub zu schützen, der die Wände bald undurchsichtig macht, wurde ein dem früheren ähnliches Rohr gefertigt mit speciellen Verengerungen an beiden Enden des leuchtenden Canals, an denen sich das Platin niederschlagen sollte. Man siehe die Fig. 7. Der Zweck wurde auch theilweise erreicht.

Die Länge des engeren Theiles betrug bei diesem neuen Rohr ca. 9,5 cm.; die Electroden-
distanz ca. 21 cm.

Innerer Durchmesser in der Mitte des Rohres	0,17 ^m / _m
»	»	1 cm. weiter nach den Electroden zu ... 0,19 und 0,20 ^m / _m
»	»	2 cm. von der Mitte 0,27 und 0,30 ^m / _m .

Es wurden mit diesem Rohr zwei Aufnahmen (Platte № 220) gemacht und zwar unter den folgenden Bedingungen:

Ohne Condensator	Expositions- dauer 30 ^m
Mit einem Condensator von 427 cm. Capacität..	»	5 ^m .

Die Dampftension betrug ebenfalls 15 ^m/_m.

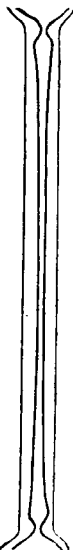
Bei diesem Rohr, wo der mittlere Theil besonders eng ist, findet auch ohne Condensator im Bereiche des engeren Theiles des Rohres eine Verbreiterung statt; bei der Capacität ist sie aber sehr stark.

Es wurde auch ein zweites derartiges, aber etwas breiteres Rohr gefertigt und versucht.

Die Länge des engen Canals war gleich ca. 6,5 cm.

Innerer Durchmesser in der Mitte des Rohres	0,32 ^m / _m
»	»	1,3 cm. weiter nach den Electroden zu .. 0,40 und 0,36 ^m / _m
»	»	2,6 cm. von der Mitte 0,80 und 0,71 ^m / _m .

Fig. 7.



Es sind mit diesem Rohr 3 Aufnahmen (Platten №№ 221₁, 221₂ und 221₃) bei verschiedenen Capacitäten gemacht worden, wobei bei jeder auch eine Aufnahme ohne Condensator hinzugefügt ist.

Platte.	Capacität.	Expositions- dauer.
221 ₁	$C = 427$ cm.	5 ^m
221 ₂	$C = C_2 = 671$ cm.	4
221 ₃	Grosse Leydener Flasche $C = C_4 = 3735$ cm.	1

Die Expositions-
dauer ohne Condensator betrug in allen Fällen 30^m.
Dampftension überall 15 ^m/_m.

Auch bei diesem Rohr hat ohne Condensator eine geringe Verbreiterung für die engsten Theile des Rohres stattgefunden.

Bei den Platten 221₁ und 221₂ ist die Verbreiterung eine sehr starke und ausgeprägte und zwar bei 221₂ grösser, als bei 221₁. Bei der grössten Capacität (Platte 221₃) ist aber der mittlere Theil schon total verschwommen.

Dieser Versuch ist mit einem anderen kürzeren Rohr wiederholt, welches die Form der Fig. 6 hatte, wobei die Länge des Kanals etwa 3 cm. betrug.

Der innere Durchmesser in Intervallen von je 5 ^m / _m war	1,28 ^m / _m 0,72 0,45 0,37 0,38 0,49 0,82
--	--

Mit diesem Rohr wurden drei Aufnahmen gemacht (Platten №№ 223₁, 223₂ und 223₃).
Dampftension 15 ^m/_m.

Platte.	Capacität.	Unter- brechungs- zahl n.	Stromstärke i im primären Kreis.	Expositions- dauer.
223 ₁	$C = C_2 = 671$ cm.	60	2,5 Amp.	5 ^m
223 ₂	Grosse Leydener Flasche $C = C_4 = 3735$ cm.	40	5,5 »	1 ^m
223 ₃	$C = 2C_2 = 1342$ cm.	43	3,5 »	3 ^m .

Die Aufnahmen ohne Condensator sind bei einer Stromstärke i von 2,5 Amp. erhalten, wobei die Expositions-
dauer 30^m betrug.

Der Einfluss der Condensatoren macht sich hier sehr anschaulich an den engsten Stellen geltend. Bei der grössten Capacität sind die Linien für den mittleren Theil des Rohres höchst verschwommen.

§ 8.

Einfluss der Stromstärke des primären Stromes und der Unterbrechungszahl auf die Breite der Linien.

Es wurde zu diesem Zweck ein Rohr verwendet, dessen dünner Kanal regelmässig cylindrisch war. Der innere Durchmesser dieses Rohres betrug etwa $0,6 \text{ mm}$. Bei diesem Versuch hielt man die Capacität constant und variierte die Stromstärke im primären Stromkreise des Inductoriums und auch die Unterbrechungszahl.

Die Platte № 224 enthält drei Aufnahmen mit einem solchen Rohr, bei 15 mm Dampfdruck des Broms und bei einem nebengeschalteten Condensator von 671 cm . Capacität.

Platte № 224.

Stromstärke i .	Unterbrechungszahl n .	Expositionsdauer.
4,2 A.	38	$6''$
3,2 »	37	6
2,5 »	70	6

In den hier vorgekommenen Intervallen von i und n lässt sich nach der Platte kein merklicher Einfluss der Stromstärke und Unterbrechungszahl auf die Breite der Linien erkennen.

Aber beim Vorhandensein einer bestimmten Capacität macht eine Erhöhung der Stromstärke in diesem Fall bei constanter Unterbrechungszahl die Linien schärfer.

Eine Erhöhung der Unterbrechungszahl hat eine grössere Lichtstärke des leuchtenden Funkens zur Folge.

§ 9.

Emissionsspectrum des Bromdampfes bei beträchtlichen Drucken desselben.

Um das Bromspectrum bei höheren Drucken photographieren zu können, muss die Electrodenstanz um bedeutendes vermindert werden, da der Bromdampf bei grösseren Dichten dem Funken nur schwer den Durchgang gestattet.

Den Versuchsapparat zeigt die Fig. 8.

A ist das kleine Geisslerrohr von ca. 1 cm . Electrodenstanz und $4,5 \text{ mm}$ innerem Durchmesser; B ein mit dem letzteren verbundenes Reservoir mit grösseren Brommengen; C ein Luftmanometer mit flüssigem Brom als Manometerflüssigkeit.

Das Rohr A nebst dem Reservoir B tauchte während des Versuches in ein Cocusölbad, welches von aussen mit Hilfe einer Drahtspirale electricisch geheizt wurde. Durch Veränderung der Stromstärke in dieser Spirale konnte im Rohre ein beliebig gewünschter Druck hergestellt werden, welcher dann nach dem Manometer C berechnet wurde.

Auf Grund der von uns erhaltenen Data und der früheren Zahlenangaben von Ramsay und Young¹⁾ für niedrige Temperaturen haben wir eine kleine Tabelle für die Spannkraft des gesättigten Bromdampfes zusammengestellt, die in unserer ersten Mittheilung wiedergegeben ist.²⁾

Mit diesem Rohr sind zwei photographische Aufnahmen (№№ 227 und 228) erhalten worden.

Im Folgenden soll t' die Temperatur des flüssigen Broms im Reservoir B bedeuten und p den entsprechenden Dampfdruck; i und n sind wiederum die mittlere primäre Stromstärke im Inductorium und Unterbrechungszahl.

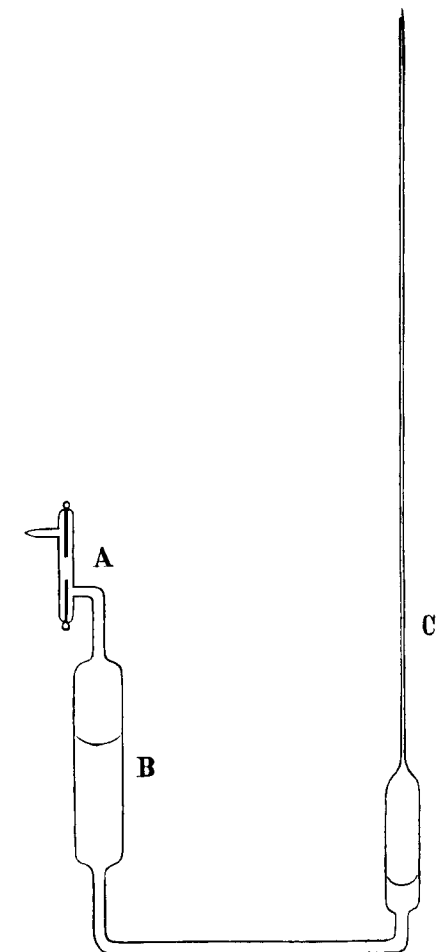
Platte № 227.

t'	p	i	n	Expositionsdauer.
$18,0 \text{ C.}$	$0,21 \text{ Atm.}$	$3,2 \text{ Amp.}$	52	$60''$
$61,5 \text{ »}$	$1,2 \text{ »}$	$3,0 \text{ »}$	50	30
$105,5 \text{ »}$	$3,9 \text{ »}$	$3,0 \text{ »}$	50	20

Die Platte ist für höhere Drücke nicht genügend ausexponiert, zeigt aber deutlich die starke Verbreiterung mit wachsendem Drucke.

Mit dem blossen Auge betrachtet erscheinen die Linien bei $0,21 \text{ Atm.}$ Dampfdruck bei grösserer Stromstärke nicht nur heller, sondern auch weniger verbreitert, als bei geringerer

Fig. 8.



1) Journal of the Chem. Soc. of London. 49. p. 453.

2) «Spectroscopische Untersuchungen.» Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St.-Petersbourg VIII^{me} série, T. XVII, № 6. § 5, Tabelle VI (1906).

Stromstärke, wie man vor Beginn dieser Aufnahme während der Ausfindigmachung der passendsten Stromstärke zu beobachten Gelegenheit hatte.

Platte № 228.

t'	p	i	n	Expositionsdauer.
26,3 C.	0,30 Atm.	3,7 Amp.	62,5	60"
59,9 »	1,1 »	2,9 »	62,5	60
103,3 »	3,7 »	2,7 »	62,5	30
155,7 »	11,6 »	2,7 »	62,5	30

Im ersten Falle wählte man die Stromstärke etwas höher, um die Expositionsdauer zu verkürzen. Trotzdem ist eine Stunde noch nicht genügend gewesen.

Bei 3,7 Atm. Dampfdruck ist die Verbreiterung eine enorme; bei 11,6 Atm. ist überhaupt nichts mehr von den gewöhnlichen Bromlinien zu finden, dagegen ist eine Anzahl von ganz anderen Linien aufgetreten, die auch eine gewisse Verbreiterung aufweisen. Möglich ist es, dass dieselben fremden Beimengungen angehören, die sich bei der Funkenentladung von den Glaswänden gelöst haben, besonders, da bei diesem hohen Druck der Bromdampf sehr stark isolierend wirkt, weshalb sich der Funken längs der inneren Glaswand hinschlängelt und in der That diese im trockenen Zustande matt angegriffen aussieht. Es wäre daher verfrüht, diese Linien für ein neues Bromspectrum zu halten.

Es wurden für diese Platte für einzelne Linien einige Ausmessungen unter dem Mikroskop vorgenommen, und zwar nur für die beiden niedrigsten Drucke (0,3 und 1,1 Atm.). Bei 3,7 Atm. Druck sind mit blossen Auge betrachtet enorme Verbreiterungen zu erkennen, aber die Linien sind so unscharf, dass sie keine mehr oder weniger genaue Ausmessung gestatten.

Die Resultate dieser Ausmessungen sind in der folgenden Tabelle V zusammengestellt.

Die erste Colonne enthält unter λ die Wellenlänge der entsprechenden Bromlinie.

Die zweite die Breite der Linie b_0 bei 0,3 Atm. Druck.

Die dritte die entsprechende Breite b_2 bei 1,1 Atm. Druck.

Die vierte die Verbreiterung $\Delta b_2 = b_2 - b_0$.

Die fünfte die Verschiebung δ_r des rothen Randes und die sechste die Verschiebung δ_v des violetten Randes der Linien bei höherem Druck in Bezug auf die Lage der Ränder bei niedrigem Druck.

Positive Werthe von δ_r und δ_v bedeuten eine Verschiebung zu grösseren Wellenlängen.

Selbstverständlich ist dabei

$$\Delta b_2 = \delta_r - \delta_v.$$

Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Grenze einer noch weiter sich erstreckenden weniger hellen Verbreiterung.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten angegeben.

Tabelle V.

λ	b_0	b_2	Δb_2	δ_r	δ_v
4477,93	0,49	1,02	+0,53	+0,53	0
4678,87	0,47	1,44	+0,97	+0,27	—0,71
4705,03	0,38	0,83 (2,64)	+0,45 (+2,26)	—0,04 (+0,51)	—0,49 (—1,75)
4785,69	0,37	1,17	+0,80	+0,09	—0,71

Diese Tabelle zeigt, welche grossen Verbreiterungen bei Druckerhöhung unter Umständen auftreten können.

§ 10.

Einfluss der Electrodenndistanz in cylindrischen Röhren auf das Aussehen des Bromspectrum.

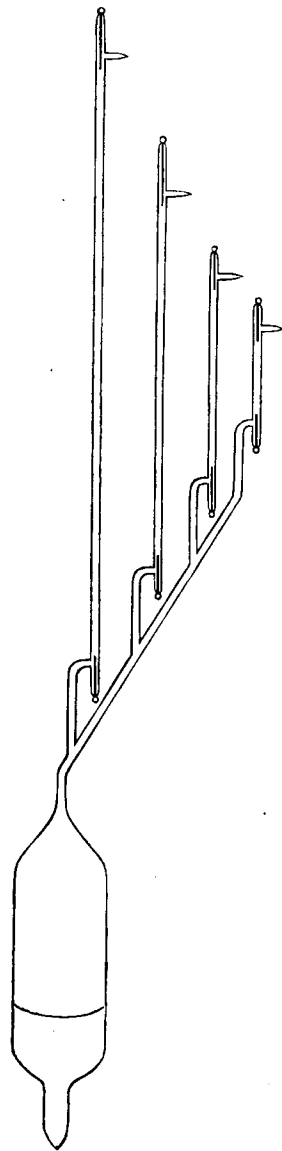
Bei unseren früheren Versuchen liess es sich erkennen, dass eine Verbreiterung der Linien viel leichter zu Stande kommt bei grösserer Electrodenndistanz, als bei kürzerer Entfernung derselben.

Um dieses durch einen directen Versuch zu bestätigen, wurde ein System von 4 cylindrischen, nicht allzu engen Geissleröhren gebaut, wie dasselbe auf der Fig. 9 zu ersehen ist.

Der innere Durchmesser dieser Röhren war gleich $2,5 \frac{m}{m}$; die Electrodenndistanz resp. gleich 3,3 cm., 7,5 cm., 19,3 cm. und 44,0 cm.

Alle diese Röhren wurden an einem schiefen Rohr angeschmolzen und dadurch mit dem Reservoir mit flüssigem Brom zum Variieren des Druckes in Verbindung gebracht.

Fig. 9.



Es wurden mit diesem System Aufnahmen (Platte № 234) mit den drei kürzeren Röhren gemacht, und zwar bei einem Dampfdruck von $66 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$, welcher der Temperatur $t' = 0^\circ \text{C.}$ des flüssigen Broms entspricht, bei einer mittleren Stromstärke des primären Stroms von 5,0 Amp. und bei 40 Unterbrechungen pro Sekunde. Dieser Dampfdruck wurde gewählt, weil er leicht constant gehalten werden kann und eine bedeutend grössere Lichtstärke liefert, als bei $t' = -20,0^\circ \text{C.}$ zu erzielen ist. Der Widerstand in der längsten Röhre war so gross, dass sie mit 5,0 Amp. Stromstärke noch nicht zum Leuchten gebracht werden konnte.

Die Expositionsdauer bei den Aufnahmen mit den beiden kürzeren Röhren betrug je 2 Stunden, während bei dem Rohr mit 19,3 cm. Electrodenabstand dieselbe nur gleich 1 Stunde gewählt wurde.

Die Platte zeigt sehr deutlich eine Zunahme der Verbreiterung der Linien mit wachsender Electrodenabstand.

Eine Vergrösserung der Electrodenabstand hat also scheinbar dieselbe Wirkung auf das Spectrum, wie die Nebeneinschaltung von Capacitäten.

Mit dem kürzesten von diesen Röhren wurden auch Aufnahmen bei verschiedener Unterbrechungszahl unternommen, wobei das Spectrum bei 50 Unterbrechungen mit dem bei ca. 668 verglichen wurde, doch ist in diesem Intervall kein Einfluss der Unterbrechungszahl auf das Aussehen des Spectrums zu bemerken, nur ist auch hier bei grösserer Unterbrechungszahl die Lichtstärke grösser.

Zum Schluss möge erwähnt werden, dass es uns sehr wünschenswerth erscheint, ähnliche Versuche über den Einfluss verschiedenster Factoren auf das Aussehen des Emissionsspectrums der Dämpfe verschiedener Körper mit Instrumenten von weit grösserer Empfindlichkeit und Auflösungsvermögen, als uns damals zur Verfügung standen, anzustellen.

Ein grosses Michelson'sches Stufenspectroscop würde sich dazu besonders gut eignen, wie dies uns einige neue, mit diesem so werthvollen Instrument angestellte Versuche gezeigt haben.